



УДК 621.316

**В.П. Самошкин,**  
канд. техн. наук,  
**Я.Б. Форкун,**  
канд. техн. наук.  
Харьковская  
национальная академия  
городского хозяйства

## **ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ НАДЕЖНОСТЬ ЗАМЫКАНИЯ КОНТАКТОВ И ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИИ НА РАБОТУ КОНТАКТОВ ПУТЕВЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ**

**Введение.** В работе рассмотрены физические процессы, происходящие на различных стадиях работы контактов, процессы эрозии и коррозии и их влияние на надежность коммутирования, методы оценки срока службы их работы, физико-технические процессы, имеющие место при старении материала. Показано влияние окружающих условий на надежность контактирования.

Приведены зависимости для определения надежности и интенсивности отказов контактов. Установлено, что надежность контактов изменяется с течением времени, так и от числа, циклов работы. Показано, что при правильной оценке режима работы и окружающих условий срок службы контактов и их надежность могут существенно увеличены.

**Изложение основного материала.** Контакт, как и всякий коммутационный элемент, имеет два рабочих состояния (замкнутое и разомкнутое) и выполняет две функции: замыкания и размыкания. Поэтому следует различать надежность работы контактов  $P$  отдельно при замыкании  $P_1$  и при размыкании  $P_2$ :

$$P = P_1 \cdot P_2 \quad (1)$$

Поверхность контакта не является абсолютно гладкой, а покрыта выступами различной высоты и сечения. Если вероятность не замыкания элементарного контакта, образованного выступами двух контактных поверхностей, приведенных в соприкосновение, равна  $q_x$ , то при наличии на поверхности соприкосновения  $M_x$  элементарных контактов вероятность не замыкания контакта в целом будет:

$$q = \sum_{x=1}^{M_x} q_x \quad (2)$$

или, если введено среднее значение вероятности не замыкания элементарного контакта  $q_0$ :

$$q = q_0^{M_x} \quad (3)$$

Количество элементарных контактов  $M_x$  зависит от усилия  $P_k$ , с которым контакты прижаты друг к другу:

$$M_x = k P_k \quad (4)$$

где  $k$  - коэффициент зависящий от состояния поверхности и материала контакта. Поэтому вероятность не замыкания контакта является функцией контактного усилия

$$q = q_0^{k M_x} \quad (5)$$

Эти общие положения хорошо согласуются с экспериментальными данными для серебряных контактов.

Среднее значение вероятности не замыкания  $q_x$  элементарного контакта можно найти из следующих соображений. Вероятность не замыкания  $q_x$  зависит от давления:

$$P_x = \frac{P_k}{S} \quad (6)$$

$$q_x = 1 - \left( \frac{P_x}{b_{cm}} \right)^6 \quad (7)$$

где  $b_{cm}$  - напряжения смятия поверхностного слоя материала контакта;

$b$  - коэффициент определяемый характером обработки поверхности контакта. При  $p_x$ , стремится к нулю,  $q_x$  стремится к единице, при  $p_x \rightarrow b_{cm}$  -  $q_x \rightarrow 0$ .

Среднее значение вероятности не замыкания, таким образом, будет:

$$q_0 = \frac{1}{b_{cm}} \int_0^{b_{cm}} \left[ 1 - \left( \frac{P_x}{b_{cm}} \right)^6 \right] dP \quad (8)$$

Определять характер обработки поверхности контакта. Надежность контактирования равна:

$$P_l = 1 - q = 1 - q_0^{kP_k} \quad (9)$$

зависит, таким образом, от величины контактного усилия и от характера поверхности контакта. Изменение контактного усилия может происходить при изменении жесткости контактной пружины под влиянием усталости или перегрева материала пружины, а также при изменении совместного хода контактов в следствие их эрозии в процессе работы. Изменение состояния поверхности происходит как в нерабочем состоянии из-за коррозии, так и в рабочем состоянии под влиянием коррозии и эрозии.

В разомкнутом состоянии на поверхности контактов под воздействием внешней среды образуются пленки.

У благородных металлов реакция ограничивается только поверхностными слоями, у неблагородных она распространяется глубоко внутрь, иногда вплоть до полного перевода металла в продукты коррозии. Рост пленок может быть, как известно, представлен следующими зависимостями:

$$X = \sqrt{2kgC_0t} \quad (10)$$

для тонких пленок:

$$X = K_p C_0 t \quad (11)$$

где:  $X$  - толщина пленки;

$kg$  - коэффициент диффузии;

$K_p$  - коэффициент химического сродства металла с реагентом;

$C_0$  - концентрация реагента с внешней стороны пленки;

$t$  - время в течении которого поверхность контакта находится в соприкосновении с окружающей средой.

Для образования металлического контакта необходимо, чтобы контактное давление

$$P = \frac{\Delta P_k}{\Delta S_k} \quad (12)$$

было больше напряжения разрушения пленки  $P_p$ .

При рассматриваемой, наиболее распространенной, сферической форме контакта давления по площади соприкосновения распределяется по закону:

$$P_X = P_{\max} \frac{\sqrt{R_C^2 - R_X^2}}{R_C} \quad (13)$$

где:  $P_X$  – максимальное давление в центре площади касания;  
 $R_C$  – радиус площади соприкосновения;  
 радиус  $R_X = R_P$ , где давление  $P_X \geq P_P$  равен:

$$R_P = R_C \sqrt{1 - \frac{P_P^2}{P_{\max}^2}} \quad (14)$$

и, следовательно, величина рабочей площади контакта будет

$$S_{кр} = \pi \cdot R_P^2 = \pi R_C^2 \left(1 - \frac{P_P^2}{P_{\max}^2}\right) \quad (15)$$

часть контактного усилия, соответствующая площади образования контакта, равна

$$P_K = P_{cp} \cdot S_{кр} \quad (16)$$

где  $P_{cp}$  – средняя величина давления

$$P_{cp} = \frac{2}{3} P_{\max} \quad (17)$$

$$P_{KK} = P_K \left(1 - \frac{P_P^2}{P_{\max}^2}\right) \quad (18)$$

Давление  $P_P$ , необходимое для разрушения пленки на поверхности контактов, пропорционально толщине пленок, а толщина пленок в случае так называемых «толстых» пленок, которые в основном имеют место на контактах, пропорциональна  $\sqrt{t}$ .

Таким образом

$$P_P = b\sqrt{t} \quad (19)$$

Следовательно,

$$P_{KK} = P_K \left(1 - \frac{b^2 \cdot t}{P_{\max}^2}\right) = P_K(1 - at) \quad (20)$$

где,

$$a = \frac{b^2}{P_{\max}^2} \quad (21)$$

$b$  – толщина пленки.

### Выводы

В работе приведены факторы, определяющие надежность замыкания контакта и дана оценка влияния коррозии на работу контакта.

В настоящее время заканчиваются исследования эрозия контактов и изменение контактного усилия вследствие эрозии, надежность размыкания контактов. После этого будут сделаны выводы о надежности контактов путевых выключателей.

### Литература

1. Жалдак М.І., Кузьміна Н.М., Берлінська С.Ю. Теорія ймовірностей і математична статистика з елементами інформаційної технології.- К.: Вища школа, 1990 р.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: «Наука», 1969 г.
3. Румшинский Л.З. «Математическая обработка результатов эксперимента». Издательство «Наука», 1971г.
4. Коваленко И.Н., Гнеденко Б.В. Теория вероятностей. – К.: Вища шк., 1990р.
5. Гурман В.Е. Теория вероятностей математическая статистика – М.: Высш.шк., 2002р.
6. Шторм Р. «Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. Перевод с немецкого под редакцией Н.С. Райбман. Издательство «Мир», 1970г.
7. Ширяев А.Н. «Статистический последовательный анализ». Издательство «Наука», 1969г.

## ФАКТОРИ, ВИЗНАЧАЮЧІ НАДІЙНІСТЬ ЗАМИКАННЯ КОНТАКТІВ І ВЛИВ КОРОЗІЇ НА РОБОТУ КОНТАКТІВ ПУТЬОВИХ ВИМИКАЧІВ

В.П. Самошкін, Я.Б. Форкун

*Контакти являються основними елементами путьових вимикачів. Як слідує з дослідів експлуатації, більш 50-60% відмов путьових вимикачів відбувається за рахунок контактної системи. Це вимагає при визначенні надійності путьових вимикачів вивчення в першу чергу надійності контактів. У роботі розглядається фізико-технічні фактори обумовлюючі надійність контактів.*

## FACTORS, WHICH DEFINITING SAFETY OF CLOSED UP CONTACTS AND INFLUENCE JF CORROSI ON THE WORK OF CONTACTS GUIDE'S SWITCHES

V. Samoshkin, Y. Forkyn

*Contacts is an essential element of guide's switches. As following from exploitation's experiment, above 50-60% rejections guide's switches take place of contact system. It's demanding by definition of reliably guide's switches study at first reliably contacts. In the work looking physic-technical factors stipulating contacts reliable.*